

## 特許協力条約に基づく国際出願願書

紙面による写し (注意: 電子データが原本となります)

0	受理官庁記入欄	
0-1	国際出願番号	
0-2	国際出願日	
0-3	(受付印)	
0-4	様式-PCT/RO/101 この特許協力条約に基づく国際出願願書は、	
0-4-1	右記によって作成された。	JPO-PAS 0321
0-5	申立て 出願人は、この国際出願が特許協力条約に従って処理されることを請求する。	
0-6	出願人によって指定された受理官庁	日本国特許庁 (RO/JP)
0-7	出願人又は代理人の書類記号	10729-MU-PCT
I	発明の名称	レーダ
II	出願人	
II-1	この欄に記載した者は	出願人である (applicant only)
II-2	右の指定国についての出願人である。	米国を除く全ての指定国 (all designated States except US)
II-4ja	名称	株式会社村田製作所
II-4en	Name:	Murata Manufacturing Co., Ltd.
II-5ja	あて名	6178555 日本国
II-5en	Address:	京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 10-1, Higashikotari 1-chome, Nagaokakyo-shi, Kyoto 6178555 Japan
II-6	国籍(国名)	日本国 JP
II-7	住所(国名)	日本国 JP
II-8	電話番号	81-75-955-6734
II-9	ファクシミリ番号	81-75-956-6259
II-10	電子メール	patent@murata.co.jp
II-11	出願人登録番号	000006231

## 特許協力条約に基づく国際出願願書

紙面による写し (注意: 電子データが原本となります)

III-1	その他の出願人又は発明者	出願人及び発明者である (applicant and inventor) 米国のみ (US only) 石井徹 ISHII Toru 6178555 日本国 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 c/o Murata Manufacturing Co., Ltd., 10-1, Higashikotari 1-chome, Nagaokakyo-shi, Kyoto 6178555 Japan 日本国 JP 日本国 JP
III-1-1	この欄に記載した者は	
III-1-2	右の指定国についての出願人である。	
III-1-4ja	氏名(姓名)	
III-1-4en	Name (LAST, First):	
III-1-5ja	あて名	
III-1-5en	Address:	
III-1-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-1-7	住所(国名)	日本国 JP
III-2	その他の出願人又は発明者	出願人及び発明者である (applicant and inventor) 米国のみ (US only) 中西基 NAKANISHI Motoi 6178555 日本国 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 c/o Murata Manufacturing Co., Ltd., 10-1, Higashikotari 1-chome, Nagaokakyo-shi, Kyoto 6178555 Japan 日本国 JP 日本国 JP
III-2-1	この欄に記載した者は	
III-2-2	右の指定国についての出願人である。	
III-2-4ja	氏名(姓名)	
III-2-4en	Name (LAST, First):	
III-2-5ja	あて名	
III-2-5en	Address:	
III-2-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-2-7	住所(国名)	日本国 JP
IV-1	代理人又は共通の代表者、通知のあて名 下記の者は国際機関において右記のごとく 出願人のために行動する。	代理人 (agent) 小森久夫 KOMORI Hisao 5400011 日本国 大阪府大阪市中央区農人橋 1 丁目 4 番 3 4 号 1-4-34, Noninbashi, Chuo-ku, Osaka-shi, Osaka 5400011 Japan 06-6941-3982 06-6941-3983 komori@komori-pat.com 100084548
IV-1-1ja	氏名(姓名)	
IV-1-1en	Name (LAST, First):	
IV-1-2ja	あて名	
IV-1-2en	Address:	
IV-1-3	電話番号	
IV-1-4	ファクシミリ番号	
IV-1-5	電子メール	
IV-1-6	代理人登録番号	

## 特許協力条約に基づく国際出願願書

紙面による写し(注意:電子データが原本となります)

V	国の指定		
V-1	この願書を用いてされた国際出願は、規則4.9(a)に基づき、国際出願の時点で拘束される全てのPCT締約国を指定し、取得しうるあらゆる種類の保護を求め、及び該当する場合には広域と国内特許の両方を求める国際出願となる。		
VI-1	先の国内出願に基づく優先権主張		
VI-1-1	出願日	2004年 01月 07日 (07.01.2004)	
VI-1-2	出願番号	2004-002145	
VI-1-3	国名	日本国 JP	
VI-2	優先権証明書送付の請求 上記の先の出願のうち、右記の番号のものについては、出願書類の認証謄本を作成し国際事務局へ送付することを、受理官庁に対して請求している。	VI-1	
VII-1	特定された国際調査機関(ISA)	日本国特許庁 (ISA/JP)	
VIII	申立て	申立て数	
VIII-1	発明者の特定に関する申立て	—	
VIII-2	出願し及び特許を与えられる国際出願日における出願人の資格に関する申立て	—	
VIII-3	先の出願の優先権を主張する国際出願日における出願人の資格に関する申立て	—	
VIII-4	発明者である旨の申立て(米国を指定国とする場合)	—	
VIII-5	不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て	—	
IX	照合欄	用紙の枚数	添付された電子データ
IX-1	願書(申立てを含む)	4	✓
IX-2	明細書	13	✓
IX-3	請求の範囲	3	✓
IX-4	要約	1	✓
IX-5	図面	8	✓
IX-7	合計	29	
	添付書類	添付	添付された電子データ
IX-8	手数料計算用紙	—	✓
IX-11	包括委任状の写し	—	✓
IX-17	PCT-SAFE 電子出願	—	—
IX-19	要約書とともに提示する図の番号	4	
IX-20	国際出願の使用言語名	日本語	
X-1	出願人、代理人又は代表者の記名押印	/100084548/	
X-1-1	氏名(姓名)	小森久夫	
X-1-2	署名者の氏名		
X-1-3	権限		

## 特許協力条約に基づく国際出願願書

紙面による写し(注意:電子データが原本となります)

## 受理官庁記入欄

10-1	国際出願として提出された書類の実際の受理の日	
10-2	図面	
10-2-1	受理された	
10-2-2	不足図面がある	
10-3	国際出願として提出された書類を補完する書類又は図面であってその後期間内に提出されたものの実際の受理の日(訂正日)	
10-4	特許協力条約第11条(2)に基づく必要な補完の期間内の受理の日	
10-5	出願人により特定された国際調査機関	ISA/JP
10-6	調査手数料未払いにつき、国際調査機関に調査用写しを送付していない	

## 国際事務局記入欄

11-1	記録原本の受理の日	
------	-----------	--

## PCT手数料計算用紙(願書付属書)

紙面による写し(注意:電子データが原本となります)  
 [この用紙は、国際出願の一部を構成せず、国際出願の用紙の枚数に算入しない]

0	受理官庁記入欄			
0-1	国際出願番号			
0-2	受理官庁の日付印			
0-4	様式-PCT/RO/101(付属書) このPCT手数料計算用紙は、 0-4-1 右記によって作成された。	JP0-PAS 0321		
0-9	出願人又は代理人の書類記号	10729-MU-PCT		
2	出願人	株式会社村田製作所		
12	所定の手数料の計算	金額/係数	小計(JPY)	
12-1	送付手数料 T	⇒	13000	
12-2	調査手数料 S	⇒	97000	
12-3	国際出願手数料 (最初の30枚まで) i1	123200		
12-4	30枚を越える用紙の枚数	0		
12-5	用紙1枚の手数料 (X) 0	0		
12-6	合計の手数料 i2	0		
12-7	i1 + i2 = i	123200		
12-12	fully electronic filing fee reduction R	-26400		
12-13	国際出願手数料の合計 (i-R) I	⇒	96800	
12-17	納付すべき手数料の合計 (T+S+I+P)	⇒	206800	
12-19	支払方法	送付手数料: 予納口座引き落としの承認 調査手数料: 予納口座引き落としの承認 国際出願手数料: 銀行口座への振込み		
12-20	予納口座 受理官庁	日本国特許庁 (RO/JP)		
12-20-1	上記手数料合計額の請求に対する承認	✓		
12-21	予納口座番号	013550		
12-22	日付	2004年 11月 08日 (08. 11. 2004)		
12-23	記名押印			

## 明 細 書

### レーダ

### 技術分野

- [0001] この発明は、連続波を周波数変調した電波を送受信して物標の探知を行うレーダに関するものである。

### 背景技術

- [0002] 従来、例えば車載用レーダとして、ミリ波を利用したFM-CWレーダが開発されている。FM-CWレーダは、連続波(CW)を周波数変調(FM)した電波を送受信して物標の探知を行う。すなわち、周波数が次第に上昇する上り変調区間と、周波数が次第に下降する下り変調区間とを繰り返す送信信号を送信し、物標からの反射信号を含む受信信号を受信するようにし、送信信号と受信信号との周波数差の信号であるビート信号の周波数スペクトルに基づいて物標の相対距離および相対速度を求める。また、物標の相対位置・相対速度は通常一定ではないので、上記動作を一定周期で繰り返し、その都度物標の相対位置・相対速度を求める。さらに、物標は或る探知方位角範囲に分布しているので、上記動作を所定方位を向く1つのビームについて行い、そのビーム方位を順次変化させることによって、上記探知方位角範囲内の物標の方位を求める。
- [0003] 物標が単一である場合には、上り変調区間と下り変調区間において、物標からの反射波に基づくビート信号の周波数スペクトルにそれぞれ単一の突出部が生じる。従って、その突出部のピーク周波数を、上り変調区間のビート信号(以下「アップビート信号」という。)と下り変調区間のビート信号(以下「ダウンビート信号」という。)とについてそれぞれ求め、その2つのピーク周波数から物標の相対距離および相対速度を求めることができる。
- [0004] ところが、略同一方向に複数の物標が存在する場合には、同一ビームについてアップビート信号とダウンビート信号のそれぞれについて、周波数スペクトルに複数の突出部が生じる。そのため、これら複数の突出部のうち、どれとどれの組み合わせが同一物標の存在に起因して生じたものであるかを判定(以下「ペアリング」という。)する

必要がある。しかし、検出した突出部の数が増える程ペアリングに時間がかかるとともに、組み合わせの数が増大するため、誤ったペアリングが生じる可能性も増大する。そのため、限られた時間内に探知可能な物標の数が制限されるという問題や、多くの物標を探知するためには高速演算可能な演算処理部が必要となってコスト高になるという問題、あるいはペアリング誤りが生じた場合、高精度な相対距離・速度を求め難いという問題があった。

[0005] 実際のレーダでは、上述の問題を回避するために一度のペアリングだけに依存しないように、前後の相関を考慮したフィルタ処理などにより精度の向上を図ることになる。しかし、初めから誤ったペアリングを起こさないことが重要である。

[0006] そのため、従来は特許文献1に開示されているように、受信信号の周波数スペクトルに現れる突出部の強度が略同一である組み合わせを同一物標によるものと見なし、ペアリングを行うようにしている。

また、ドップラシフト周波数分の移動距離が、将来の予測時間における相対速度による移動距離に一致するように、上り変調と下り変調の傾きを設定することが特許文献2に開示されている。この構成によれば、ペアリングせずに距離の算出が可能となる。

特許文献1:特開平4-343084号公報

特許文献2:特開平6-94829号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、特許文献1の方法では、受信信号強度が略同一である突出部が複数現れた場合、ペアとなり得る組み合わせを決定できない場合が生じる。

また、特許文献2の方法によれば、距離算出のためにはペアリングが不要となるが、相対速度の算出ができないという問題があった。

[0008] そこで、この発明の目的は、上述の問題を解消して、ペアリングを容易にするとともに相対速度の算出も可能にしたレーダを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] (1)この発明は、周波数が次第に上昇する上り変調区間と、周波数が次第に下降

する下り変調区間とを交互に繰り返す送信信号を送信するとともに、該送信信号の物標での反射信号である受信信号を受信し、送信信号と受信信号とのビート信号の周波数スペクトルに関するデータを求め、上り変調区間のビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第1突出部と、下り変調区間のビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第2突出部とから、ペアリングを行い、ペアをなす2つの突出部の周波数に基づいて相対距離と相対速度を検知するレーダにおいて、

所定タイミングでの第1の突出部のピーク周波数から、該所定タイミングより一定時間後のタイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数(すなわち距離遅延に基づく成分)を予測し、前記一定時間後のタイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出するようにしたことを特徴としている。

[0010] (2)またこの発明は、所定タイミングでの第2の突出部のピーク周波数から、該所定タイミングより一定時間前のタイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数を予測し、前記一定時間前のタイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出するようにしたことを特徴としている。

[0011] (3)またこの発明は、前記周波数分析を行う測定周期をT、上り変調区間とそれに隣接する下り変調区間とを一周期とする変調周期を $1/f_m$ 、送信信号の中心周波数を $f_0$ 、上り変調区間と下り変調区間での周波数変位幅を $\Delta F$ とするとき、

$$nT \div f_0 / (2 \Delta F \cdot f_m)$$

(但し、nは任意の自然数)

の関係を満たすnTを前記の「一定時間」として、突出部のペアを抽出することを特徴としている。

[0012] (4)またこの発明は、所定タイミングから一定時間前の第1の突出部のピーク周波数と前記所定タイミングから一定時間後の第2の突出部のピーク周波数とを用いて、前記所定タイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数を予測し、前記所定タイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出することを特徴としている。

[0013] (5)またこの発明は、(4)において所定タイミングでのペアをなす第1・第2の突出部のピーク周波数の差に略等しい周波数差を形成する前記所定タイミングでの前記中



心周波数の予測に用いた前記一定時間前のタイミングでの第1の突出部とペアをなす第2の突出部が無い場合に、および／または前記周波数差を形成する前記所定タイミングでの前記中心周波数の予測に用いた前記一定時間後のタイミングでの第2の突出部とペアをなす第1の突出部が無い場合に、前記所定タイミングでの第1・第2の突出部の組み合わせをペア候補から除外することを特徴としている。

### 発明の効果

- [0014] (1)この発明によれば、所定タイミングでの第1の突出部のピーク周波数から、該所定タイミングより一定時間後のタイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数(距離遅延に基づく成分)を予測し、その中心周波数を基に、一定時間後のタイミングで得られた突出部のペアを抽出するようにしたことにより、ペアリングが容易となり、ペアリング誤りの発生度合いも殆どなくなるため、正しい相対距離・速度の算出が可能になる。また、ペアリングに要する計算量が減少するので、単位時間あたりの探知可能な物標の数が増し、探知の周期を短縮化できる。
- [0015] (2)また、この発明によれば、所定タイミングでの第2の突出部のピーク周波数から、該所定タイミングより一定時間前のタイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数(距離遅延に基づく成分)を予測し、その中心周波数を基に、一定時間前のタイミングで得られた突出部のペアを抽出するようにしたことにより、ペアリングが容易となり、ペアリング誤りの発生度合いも殆どなくなるため、正しい相対距離・速度の算出が可能になる。また、ペアリングに要する計算量が減少するので、単位時間あたりの探知可能な物標の数が増し、探知の周期を短縮化できる。
- [0016] (3)また、この発明によれば、測定周期を $T$ 、上り変調区間とそれに隣接する下り変調区間とを一周期とする変調周期を $1/f_m$ 、送信信号の中心周波数を $f_0$ 、上り変調区間と下り変調区間での周波数変位幅を $\Delta F$ とすると、 $n$ を任意の自然数とし、 $nT \div f_0 / (2 \Delta F \cdot f_m)$ の関係を満たす $nT$ を前記の「一定時間」とし、所定タイミングでの突出部のペアを抽出するようにしたので、前記所定タイミングから $n$ 回前の測定における第1の突出部のピーク周波数または同 $n$ 回後の測定における第2の突出部のピーク周波数から、前記所定タイミングで得られた突出部のペアを抽出できる。
- [0017] (4)また、この発明によれば、所定タイミングから一定時間前の第1の突出部のピー

ク周波数とその所定タイミングから一定時間後の第2の突出部のピーク周波数とを用いて、所定タイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数を予測し、所定タイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出するようにしたので、上記 $nT \approx f_0 / (2 \Delta F \cdot f_m)$ の関係を満たさない場合でもまたはその関係からずれが生じて、中心周波数の予測誤差がキャンセルされて、ペアリングの精度を高めることができる。

- [0018] (5)また、この発明によれば、所定タイミングでのペアをなす第1・第2の突出部のピーク周波数の差に略等しい周波数差を形成する所定タイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数の予測に用いた一定時間前のタイミングでの第1の突出部とペアをなす第2の突出部が無い場合に、および／または前記周波数差を形成する所定タイミングでの前記中心周波数の予測に用いた一定時間後のタイミングでの第2の突出部とペアをなす第1の突出部が無い場合に、前記所定タイミングでの第1・第2の突出部の組み合わせをペア候補から除外するようにしたので、ペア候補の数を早く削減でき、ペアリングを高速化できる。また、誤ペアリングの可能性も低減できる。

#### 図面の簡単な説明

- [0019] [図1]レーダの構成を示すブロック図である。
- [図2]同レーダの上り変調区間と下り変調区間でのビート信号の例を示す図である。
- [図3]上り変調区間と下り変調区間におけるビート信号の周波数スペクトルの例を示す図である。
- [図4]第1の実施形態に係るレーダの各測定タイミングでのピーク周波数などの変化の例を示す図である。
- [図5]第1の実施形態に係るレーダの各測定タイミングでのピーク周波数などの変化の例を示す図である。
- [図6]同レーダのペアリングに関する処理手順を示すフローチャートである。
- [図7]第2の実施形態に係るレーダにおけるペアリングに関する処理手順を示すフローチャートである。
- [図8]第3の実施形態に係るレーダにおける各測定タイミングでのピーク周波数など

の変化の例を示す図である。

[図9]同レーダにおけるペアリングに関する処理手順を示すフローチャートである。

### 符号の説明

- [0020]    1－RFブロック  
           2－信号処理ブロック  
           3－誘電体レンズ  
           4－1次放射器  
           5－サーキュレータ  
           6－カプラ  
           7－アイソレータ  
           8－VCO  
           9－ミキサ  
          13－デジタル信号処理装置  
          14－マイクロプロセッサ  
          16－スキャンユニット

### 発明を実施するための最良の形態

- [0021]    この発明の実施形態に係るレーダの構成をブロック図として図1に示す。

このレーダは、図1に示すようにRFブロック1と信号処理ブロック2とから構成している。RFブロック1は、レーダ測定用の電波を送受信し、送信波と受信波とのビート信号を信号処理ブロック2へ出力する。信号処理ブロック2の変調カウンタ11は、結果的にDAコンバータ10から三角波信号を発生させるためのカウントを行い、その値をDAコンバータ10へ出力する。DAコンバータ10は、それをアナログ電圧信号に変換してRFブロック1のVCO(電圧制御発振器)8へ与える。これにより送信波をFM変調する。すなわち、VCO8の発振信号はアイソレータ7、カプラ6、サーキュレータ5を介して1次放射器4へ供給される。この1次放射器4は、誘電体レンズ3の焦点面または焦点面付近にあって、誘電体レンズ3は、1次放射器4から放射されるミリ波信号を鋭いビームとして送信する。物標(車両など)からの反射波が誘電体レンズ3を介し1次放射器4へ入射されると、受信信号がサーキュレータ5を介してミキサ9へ導かれる。ミ

キサ9には、この受信信号とカプラ6からの送信信号の一部であるローカル信号とを入力して、その周波数差の信号に相当するビート信号を中間周波信号として信号処理ブロック2のADコンバータ12へ出力する。ADコンバータ12は、これをデジタルデータに変換する。DSP(デジタル信号処理装置)13は、ADコンバータ12から入力したデータ列をFFT(高速フーリエ変換)処理して、後述するように、物標の相対距離および相対速度を算出する。

- [0022] RFブロック1内のスキャンユニット16は、1次放射器4を誘電体レンズ3の焦点面またはそれに平行な面内を平行移動させる。この1次放射器4が設けられている可動部と固定部側との間に0dBカプラを構成している。モータMはスキャンユニット16の駆動用モータである。このモータによって、例えば100ms周期で $-10$ 度から $+10$ 度の範囲をビーム走査する。

信号処理ブロック2内のマイクロプロセッサ14は、変調カウンタ11およびスキャンユニット16を制御する。このマイクロプロセッサ14は、スキャンユニット16に対してビーム方位を所定角度に向けるとともに、三角波でVCO8を変調するように、変調カウンタ11を制御する。マイクロプロセッサ14は、DSP13が求めた上り変調区間の周波数スペクトルに現れる突出部と、下り変調区間の周波数スペクトルに現れる突出部とのペアを抽出(ペアリング)する。また、マイクロプロセッサ14は、後述する方法によって物標の相対距離と相対速度を求め、それを図外のホスト装置へ出力する。

- [0023] 図2は、物標までの距離と相対速度に起因する、送信信号と受信信号の周波数変化のずれの例を示している。送信信号TXSは中心周波数 $f_0$ を周波数中心として、三角波状に周波数変調された信号である。この送信信号TXSの周波数上昇時における送信信号TXSと受信信号RXSとの周波数差がアップビート信号の周波数 $f_1$ であり、送信信号TXSの周波数下降時における送信信号TXSと受信信号RXSとの周波数差がダウンビート信号の周波数 $f_2$ である。 $\Delta F$ は周波数偏位幅である。この送信信号TXSと受信信号RXSの三角波の時間軸上のずれ(時間差) $\Delta t$ が、アンテナから物標までの電波の往復時間に相当する。また、送信信号TXSと受信信号RXSの周波数軸上のずれがドップラシフト量であり、これはアンテナに対する物標の相対速度に起因して生じる。この時間差とドップラシフト量によってアップビート信号の周波数 $f$

1とダウンビート信号の周波数 $f_2$ の値が変化する。この $f_1$ ,  $f_2$ を検出することによって、レーダから物標までの距離およびレーダに対する物標の相対速度を算出する。すなわち、距離遅延に基づく周波数成分を $f_r$ 、相対速度に基づくドップラシフト周波数成分を $f_d$ で表すと、

$$f_r = (f_1 + f_2) / 2 \quad \dots(1)$$

$$f_d = (f_2 - f_1) / 2 \quad \dots(2)$$

の関係にある。

- [0024] 図3は、上り変調区間と下り変調区間のビート信号の周波数スペクトルの例を示している。ここで実線は上り変調区間でのビート信号の周波数スペクトル、破線は下り変調区間でのビート信号の周波数スペクトルである。図3に示した周波数範囲では、上り変調区間でのビート信号に、ピーク周波数が $f_{11}$ ,  $f_{12}$ ,  $f_{13}$ の3つの突出部が生じていて、下り変調区間のビート信号に、ピーク周波数が $f_{21}$ ,  $f_{22}$ の2つの突出部が生じている。これらの複数の突出部同士のペアリングを行い、ペアをなす2つのピーク周波数から(1)式により物標との相対距離を求め、(2)式によって物標との相対速度を求める。例えば、ピーク周波数 $f_{13}$ ,  $f_{22}$ をペアと見なした場合、距離遅延に基づく周波数成分 $f_r$ は、 $f_r = (f_{13} + f_{22}) / 2$ として求め、速度差によるドップラシフト周波数成分 $f_d$ は、 $f_d = (f_{22} - f_{13}) / 2$ として求める。

- [0025] ところで、図2に示したように、送信中心周波数を $f_0$ 、変調周期を $1/f_m$ 、周波数変位幅を $\Delta F$ とすると、距離 $R$ にある物標が相対速度 $V$ で近づいてくる場合、ビート信号に含まれる距離遅延成分 $f_r$ は

$$f_r = (4f_m \Delta F \cdot R) / C \quad \dots(3)$$

の関係にあるので、距離 $R$ は

$$R = C f_r / (4f_m \Delta F) \quad \dots(4)$$

として求められる。またビート信号に含まれるドップラシフトに基づく周波数成分 $f_d$ は

$$f_d = (2V f_0) / C \quad \dots(5)$$

の関係にあるので、相対速度 $V$ は

$$V = C f_d / (2f_0) \quad \dots(6)$$

として求めることができる。

[0026] また、上り変調と下り変調のそれぞれの区間で行うFFTの周波数分解能は、この区間の基本周波数である $2f_m$ となり、それに相当する距離分解能を $\delta R$ 、速度分解能を $\delta V$ とすると、(4)式、(6)式にそれぞれ $R = \delta R$ ,  $f_r = 2f_m$ ,  $V = \delta V$ ,  $f_d = 2f_m$ を代入して

$$\delta R = C / 2 \Delta F \quad \cdots(7)$$

$$\delta V = f_m \cdot C / f_o \quad \cdots(8)$$

となる。

[0027] 一方、アップビート周波数 $f_1$ 、ダウンビート周波数 $f_2$ はそれぞれ

$$f_1 = f_r - f_d \quad \cdots(9)$$

$$f_2 = f_r + f_d \quad \cdots(10)$$

と表されるため、次の関係で表される時間を $\tau$ とすると、物標が等速直線運動をしている場合に、ある時刻で得られた $f_1$ ,  $f_2$ は、それぞれその時刻に対し $\tau$ 後にまたは $\tau$ 前の $f_r$ に一致する。

$$[0028] \quad \tau = \delta R / \delta V = f_o / (2f_m \Delta F) \quad \cdots(11)$$

この関係を図4および図5を用いて説明する。

今、測定周期を $T$ とし、 $nT = \tau$ の関係を満たすように測定周期 $T$ を定めると、任意のタイミングで $n$ 回後の測定タイミングにおける物標の距離遅延に基づく周波数成分 $f_r$ を予測することができる。例えば、時刻 $t$ での $f_r$ は時刻 $t - nT$ での上り変調区間のビート周波数 $f_1$ に等しい。

[0029] 従って、「常に $n$ 回前の $f_1$ を今回の $f_r$ と見なして距離を求める」という処理が考えられる。しかし、それだけでは物標の相対速度が求められないし、物標が急加減速した時や、 $nT \neq \tau$ の条件に対する誤差が大きくなった場合に、距離の測定誤差もこれに応じて大きくなってしまう。

[0030] 一方、通常のFMCWレーダの場合、既に述べたとおり、ある時刻での測定における上り変調区間と下り変調区間でのビート周波数 $f_1$ ,  $f_2$ を組み合わせることにより、相対距離と相対速度を同時に求めることができるが、物標が複数存在する場合には $f_1$ ,  $f_2$ も複数となり、これらを正しく組み合わせなければ距離・速度とも真値と全く異なる値が出力されてしまう。

[0031] 本発明は、次の手順により物標の距離および相対速度を求め、上述のいずれの問題も同時に解消するものである。

[0032] (1) 時刻 $t-nT$ での上り変調区間のビート周波数 $f_1$ を時刻 $t$ での予測距離 $f_{1prd}$ とする。

[0033] (2) 時刻 $t$ での上り、下りそれぞれの変調区間のビート周波数 $f_1, f_2$ に対し、 $(f_{1prd} - \epsilon) < (f_1 + f_2) / 2 < (f_{1prd} + \epsilon)$ を満たす $f_1$ と $f_2$ のペア候補を求める。但し $\epsilon$ は生じうる誤差に基づき適宜設定する定数である。

[0034] (3)(2)で求めた組み合わせから、 $f_2 - f_1 \approx f_{2prd} - f_{1prd}$ を満たす $f_{2prd}$ が無いものをペア候補から除外する。但し $f_{2prd}$ は時刻 $t$ での下り変調区間のビート周波数である。

[0035] (4)(3)で求めた組み合わせのうち、FMCWレーダのペアリングに用いられる他の諸条件(周波数スペクトルに現れる突出部のピーク値の一致度、周波数スペクトルの方位方向のプロファイルから求めたピーク方位の一致度等)も考慮し、ペアの可能性のある組み合わせを一つ以上選ぶ。

[0036] (5)(4)で選んだ $f_1, f_2$ より、 $f_r, f_d$ を求め、この結果を(4)式、(6)式に代入し、相対距離 $R$ と相対速度 $V$ を得る。

[0037] 図4の(A)と(B)は物標の相対速度が異なっている例である。いずれの場合も時刻 $t$ における距離遅延に基づく周波数成分 $f_r$ は時刻 $t-nT$ でのアップビート信号周波数 $f_1$ に略等しい。

また図5は物標がレーダから遠ざかる場合のアップビート信号の周波数 $f_1$ とダウンビート信号の周波数 $f_2$ の変化の例を示している。この場合も時刻 $t$ における $f_r$ は時刻 $t-nT$ での $f_1$ に略等しい。

[0038] 次に、上述のペアリングの手順の例をフローチャートとして図6に示す。

ここで、 $t$ は何回目の測定であるかを表す変数である。まず、 $t$ に初期値0を代入し(S1)、ビート信号のサンプリングデータを入力し、FFT演算する(S2→S3)。その後、FFT演算により求めたアップビート信号の周波数スペクトルに現れる突出部のピーク周波数(以下単に「アップビート信号のピーク周波数」という。)とダウンビート信号の周波数スペクトルに現れる突出部のピーク周波数(以下単に「ダウンビート信号のピ

ーク周波数」という。)とを2次元配列変数 $f1[t][ ]$ ,  $f2[t][ ]$ に代入する。(S4)。但し、以降の説明では各タイミングでのアップビート信号とダウンビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の突出部のピーク周波数のデータ列をまとめて表すために1次元配列の形式で表す。

[0039] 続いてアップビート信号とダウンビート信号に含まれる複数のピーク周波数のうち、 $(f1[t] + f2[t]) / 2$ が $nT$ だけ前回の測定で求めたアップビート信号の複数のピーク周波数 $f1[t-nT]$ に対して $\pm \epsilon$ の範囲で一致するピーク周波数 $f1[t]$ ,  $f2[t]$ の組み合わせをペア候補として抽出する(S5)。

[0040] 続いて今回のアップビート信号のピーク周波数 $f1[t]$ とダウンビート信号のピーク周波数 $f2[t]$ との差が、時刻 $t-nT$ での $f1$ ,  $f2$ との差 $(f2[t-nT] - f1[t-nT])$ に略等しくなる $f2[t-nT]$ が無い場合、 $f1[t]$ と $f2[t]$ の組み合わせをペア候補から除外する(S6)。その後はピーク強度やピーク方位の類似度を考慮して最も確からしい組み合わせをペアとして決定する(S7)。

[0041] 以上の処理を繰り返すことによって各測定タイミングでのペアリングを行う(S7→S8→S2→……)。

[0042] 次に第2の実施形態に係るレーダのペアリングに関する別の処理内容を図7を参照して説明する。

第1の実施形態では時刻 $t-nT$ での $f1$ ,  $f2$ から時刻 $t$ での $f_r$ を推定するようにしたが、この第2の実施形態では時刻 $t$ での $f2$ から時刻 $t-nT$ での $f_r$ を推定する。

[0043] 図7はそのペアリングの処理手順を示すフローチャートである。図6の例と異なるのはステップS15, S16, S18である。ステップS15では、時刻 $t-nT$ でのアップビート信号とダウンビート信号に含まれていた複数のピーク周波数のうち、 $(f1[t-nT] + f2[t-nT]) / 2$ が今回の測定で求めたダウンビート信号の複数ピーク周波数 $f2[t]$ に対して $\pm \epsilon$ の範囲で一致するピーク周波数 $f1[t-nT]$ ,  $f2[t-nT]$ の組み合わせをペア候補として抽出する。

[0044] 続いて時刻 $t$ でのアップビート信号のピーク周波数 $f1$ とダウンビート信号のピーク周波数 $f2$ との差 $(f2[t] - f1[t])$ が、時刻 $t-nT$ での $f1$ ,  $f2$ との差 $(f2[t-nT] - f1[t-nT])$ に略等しくなる $f1[t]$ が無い場合、 $f1[t-nT]$ と $f2[t-nT]$ の組み合わせをペア候補から



除外する(S16)。

[0045] その後、ピーク強度やピーク方位の類似度を考慮して最も確からしい組み合わせをペアとして決定する(S17)。

[0046] そして、ペアと見なした $f1[t-nT]$ ,  $f2[t-nT]$ を用い、今回の測定で求めた $f1$ と $f2$ の差であるドップラシフト周波数と、時刻 $t-nT$ での測定で求めた $f1$ と $f2$ の差であるドップラシフト周波数とが略等しい(すなわち $f2[t] - f1[t] \approx f2[t-nT] - f1[t-nT]$ )を満たす $f1[t]$ ,  $f2[t]$ を抽出し、

$$fr[t] = (f1[t] + f2[t]) / 2$$

$$fd[t] = (f2[t] - f1[t]) / 2$$

により今回の測定タイミングにおける相対距離と相対速度を求める(S18)。

[0047] 次に、第3の実施形態に係るレーダについて図8・図9を参照して説明する。

第1・第2の実施形態では測定周期 $T$ が(11)式を満たすように定めた場合について示したが、この第3の実施形態では、任意の測定周期に対応するものである。

[0048] 図8は各測定タイミングでのアップビート信号のピーク周波数 $f1$ 、ダウンビート信号のピーク周波数 $f2$ および距離遅延に基づく周波数成分 $fr$ の変化の例を示している。この例では周期 $nT$ は $nT$ と $\tau$ の差が最小となるよう $n$ を適切に選んでも、 $nT \approx \tau$ とならず、 $nT < \tau$ の関係にある。そのため前回の測定タイミング $t-nT$ での $f1$ は今回の測定タイミング $t$ での $fr$ とは一致しない。

[0049] 図9はこの第3の実施形態に係るレーダのペアリングに関する処理手順を示すフローチャートである。図6に示した手順と異なるのはステップS25～S27である。ステップS25では時刻 $t-2nT$ での $f1$ に最も近い周波数を示す今回の時刻 $t$ での $f2$ を選び、両者の平均値が時刻 $t-nT$ での $fr$ (すなわち $(f1[t-2nT] + f2[t]) / 2$ )に $\pm \epsilon$ の範囲で一致する時刻 $t-nT$ での $f1$ ,  $f2$ をペア候補として抽出する。

[0050] 続いて時刻 $t$ でのアップビート信号のピーク周波数 $f1$ とダウンビート信号のピーク周波数 $f2$ との差 $(f2[t] - f1[t])$ が、時刻 $t-nT$ での $f1$ ,  $f2$ の差 $(f2[t-nT] - f1[t-nT])$ に略等しくなる $f1[t]$ が無い場合、 $f1[t-nT]$ と $f2[t-nT]$ の組み合わせをペア候補から除外する(S26)。

[0051] さらに同様に、時刻 $t-2nT$ でのアップビート信号のピーク周波数 $f1$ とダウンビート

信号のピーク周波数 $f_2$ との差( $f_2[t-2nT] - f_1[t-2nT]$ )が、時刻 $t-nT$ での $f_1$ ,  $f_2$ との差( $f_2[t-nT] - f_1[t-nT]$ )に略等しくなる $f_2[t-2nT]$ が無い場合、 $f_1[t-nT]$ と $f_2[t-nT]$ の組み合わせをペア候補から除く(S27)。

[0052] このようにして、時刻 $t$ での $f_2$ と時刻 $t-2nT$ での $f_1$ とから時刻 $t-nT$ での $f_r$ を推定し、距離遅延に基づく周波数成分がその $f_r$ を満たすようなペアをペア候補として抽出し、その抽出したペアから求まるドップラシフト周波数成分 $f_d[t-nT]$ と略等しいドップラシフト周波数となるペアが時刻 $t$ または $t-2nT$ の測定タイミングで存在する組み合わせを抽出することによって時刻 $t-nT$ でのペア候補を抽出する。

[0053] なお、時刻 $t$ での $f_r$ ,  $f_d$ を求めるには、図7のステップ18で示した場合と同様に、ペアと見なした $f_1[t-nT]$ ,  $f_2[t-nT]$ を用い、今回の測定で求めた $f_1$ と $f_2$ の差であるドップラシフト周波数と、時刻 $t-nT$ での測定で求めた $f_1$ と $f_2$ の差であるドップラシフト周波数とが略等しい(すなわち $f_2[t] - f_1[t] \approx f_2[t-nT] - f_1[t-nT]$ )を満たす $f_1[t]$ ,  $f_2[t]$ を抽出し、

$$f_r[t] = (f_1[t] + f_2[t]) / 2$$

$$f_d[t] = (f_2[t] - f_1[t]) / 2$$

により今回の測定タイミングにおける距離と相対速度を求めればよい。

## 請求の範囲

- [1] 周波数が次第に上昇する上り変調区間と、周波数が次第に下降する下り変調区間とを交互に繰り返す送信信号を送信するとともに、該送信信号の物標での反射信号である受信信号を受信する送受信手段と、
- 前記送信信号と前記受信信号とのビート信号の周波数スペクトルに関するデータを求める周波数分析手段と、
- 前記上り変調区間の前記ビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第1突出部と、前記下り変調区間の前記ビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第2突出部とから、同一物標による前記送信信号の反射に起因して生じた突出部のペアを抽出するペア抽出手段と、
- 該ペアをなす2つの突出部の周波数に基づいて、物標までの距離と物標との相対速度を検知する手段とを備えたレーダにおいて、
- 前記ペア抽出手段は、所定タイミングでの第1の突出部のピーク周波数から該所定タイミングより一定時間後のタイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数を予測し、前記一定時間後のタイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出する手段を設けたレーダ。
- [2] 周波数が次第に上昇する上り変調区間と、周波数が次第に下降する下り変調区間とを交互に繰り返す送信信号を送信するとともに、該送信信号の物標での反射信号である受信信号を受信する送受信手段と、
- 前記送信信号と前記受信信号とのビート信号の周波数スペクトルに関するデータを求める周波数分析手段と、
- 前記上り変調区間の前記ビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第1突出部と、前記下り変調区間の前記ビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第2突出部とから、同一物標による前記送信信号の反射に起因して生じた突出部のペアを抽出するペア抽出手段と、
- 該ペアをなす2つの突出部の周波数に基づいて、物標までの距離と物標との相対速度を検知する手段とを備えたレーダにおいて、
- 前記ペア抽出手段は、所定タイミングでの第2の突出部のピーク周波数から該所定

タイミングより一定時間前のタイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数を予測し、前記一定時間前のタイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出する手段を設けたレーダ。

[3] 前記ペア抽出手段は、

前記周波数分析を行う測定周期を $T$ 、前記上り変調区間とそれに隣接する下り変調区間とを一周期とする変調周期を $1/f_m$ 、前記送信信号の中心周波数を $f_0$ 、前記上り変調区間と下り変調区間での周波数変位幅を $\Delta F$ とすると、

$$nT \div f_0 / (2 \Delta F \cdot f_m)$$

(但し、 $n$ は任意の自然数)

の関係を満たす $nT$ を前記一定時間として前記突出部のペアを抽出することを特徴とする請求項1または2に記載のレーダ。

[4] 周波数が次第に上昇する上り変調区間と、周波数が次第に下降する下り変調区間とを交互に繰り返す送信信号を送信するとともに、該送信信号の物標での反射信号である受信信号を受信する送受信手段と、

前記送信信号と前記受信信号とのビート信号の周波数スペクトルに関するデータを求める周波数分析手段と、

前記上り変調区間の前記ビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第1の突出部と、前記下り変調区間の前記ビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第2の突出部とから、同一物標による前記送信信号の反射に起因して生じた突出部のペアを抽出するペア抽出手段と、

該ペアをなす2つの突出部の周波数に基づいて、物標までの距離と物標との相対速度を検知する手段とを備えたレーダにおいて、

前記ペア抽出手段は、所定タイミングから一定時間前の第1の突出部のピーク周波数と前記所定タイミングから一定時間後の第2の突出部のピーク周波数とを用いて、前記所定タイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数を予測し、前記所定タイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出する手段を設けたレーダ。

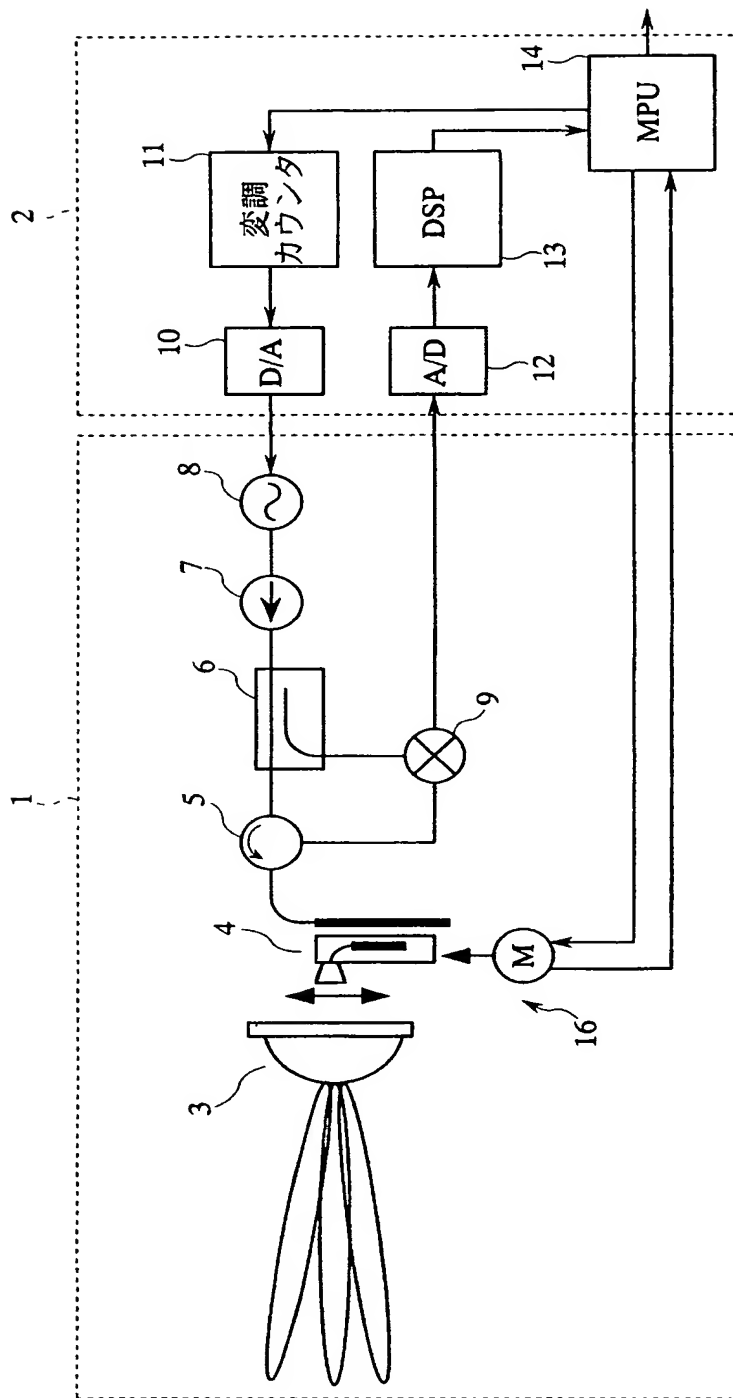
[5] 前記ペア抽出手段は、前記所定タイミングでのペアをなす第1・第2の突出部のピ

ーク周波数の差に略等しい周波数差を形成する前記所定タイミングでの前記中心周波数の予測に用いた前記一定時間前のタイミングでの第1の突出部とペアをなす第2の突出部が無い場合に、および／または前記周波数差を形成する前記所定タイミングでの前記中心周波数の予測に用いた前記一定時間後のタイミングでの第2の突出部とペアをなす第1の突出部が無い場合に、前記所定タイミングでの第1・第2の突出部の組み合わせをペア候補から除外する請求項4に記載のレーダ。

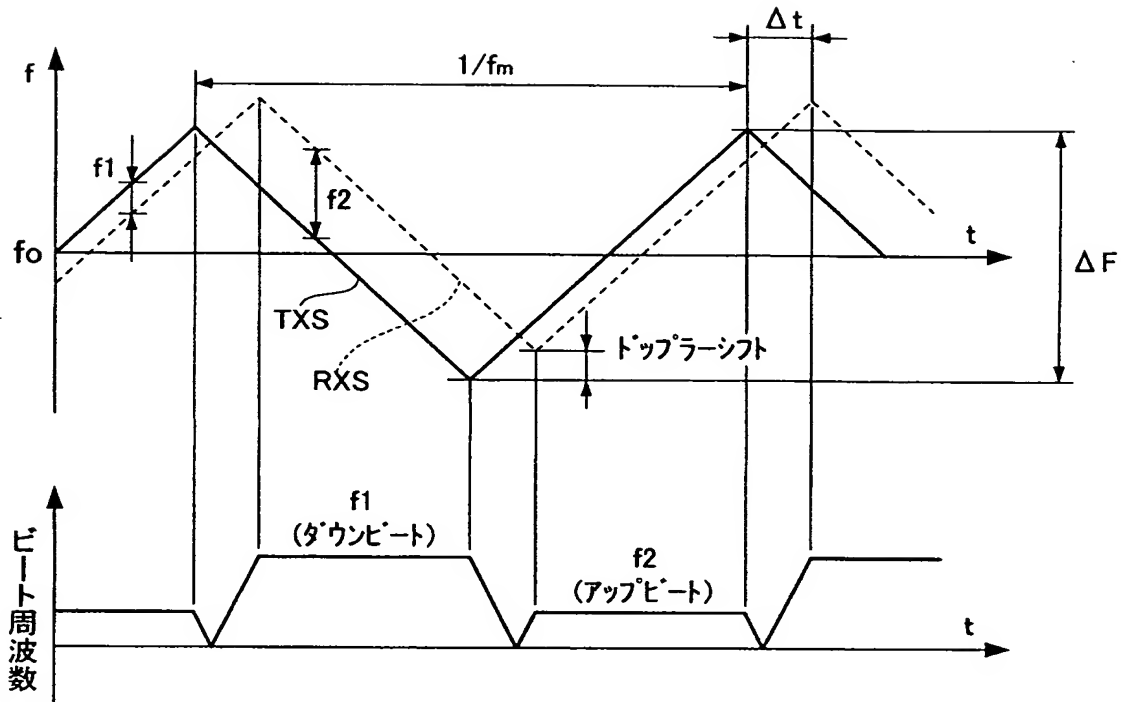
## 要 約 書

所定の測定タイミング $t-nT$ での第1の突出部のピーク周波数 $f_1[t-nT]$ から、今回の測定タイミング $t$ での第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数 $f_r[t]$ を予測し、 $(f_1[t] + f_2[t]) / 2$ が予測した $f_r[t]$ に近似する $f_1[t]$ 、 $f_2[t]$ をペア候補として抽出する。また、ドップラシフト周波数が第1の突出部のピーク周波数 $f_1[t-nT]$ および第2の突出部のピーク周波数 $f_2[t-nT]$ から求まるドップラシフト周波数に略等しい $f_1[t]$ 、 $f_2[t]$ を選択する。

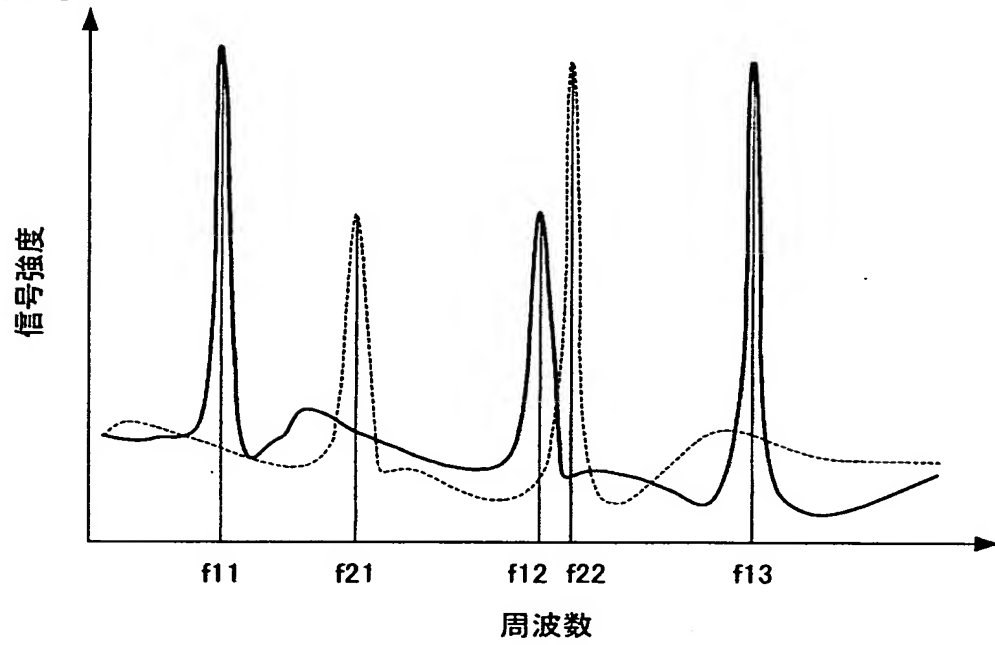
[図1]



[図2]



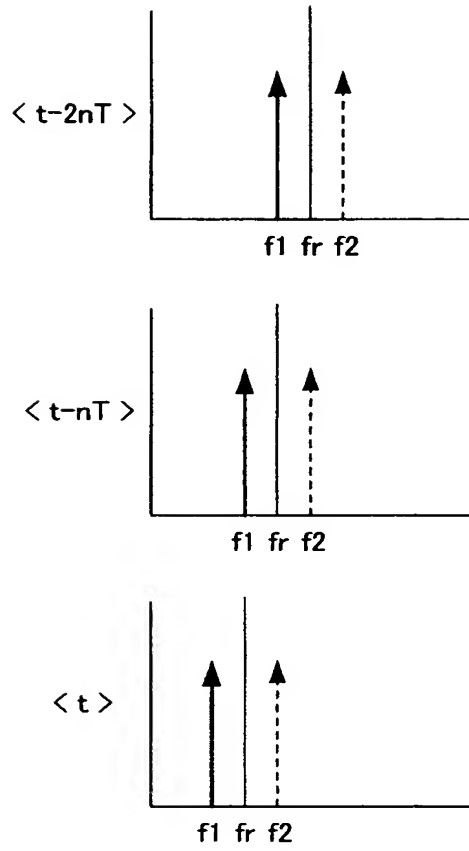
[図3]



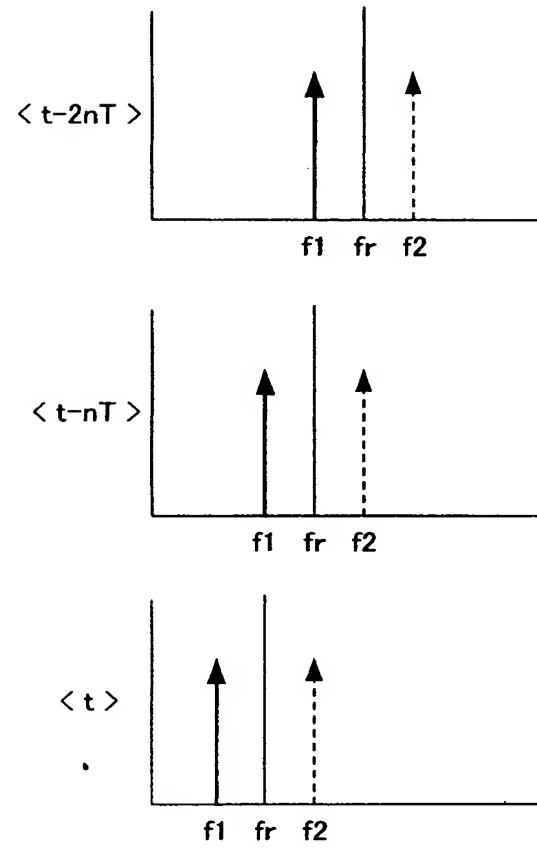


[図4]

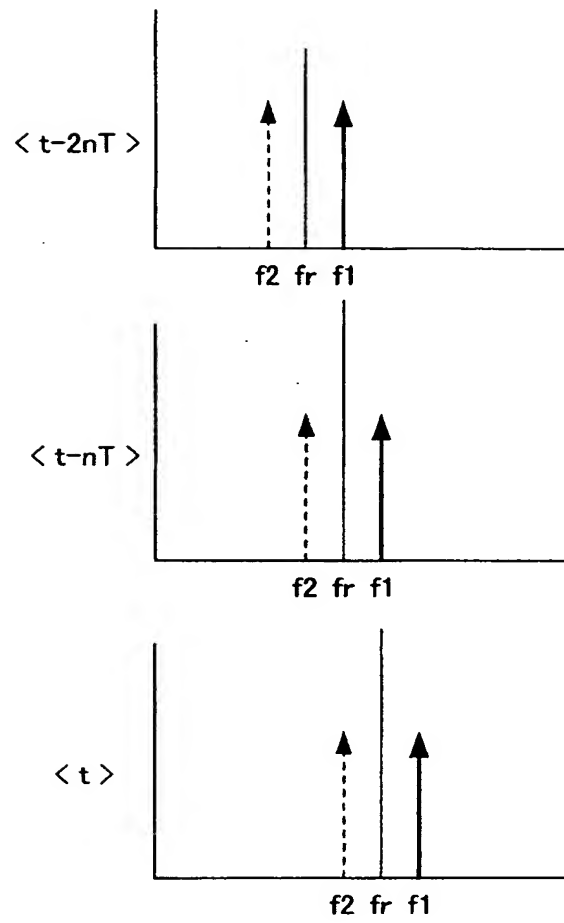
(A)



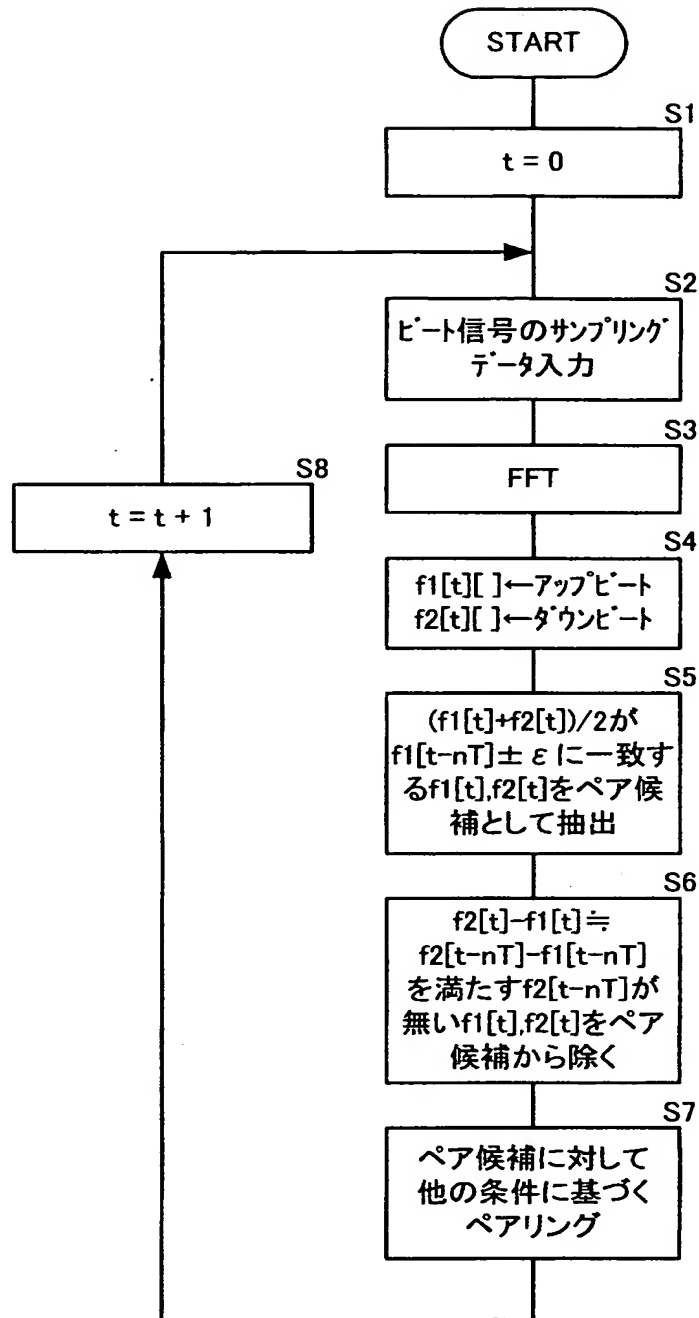
(B)



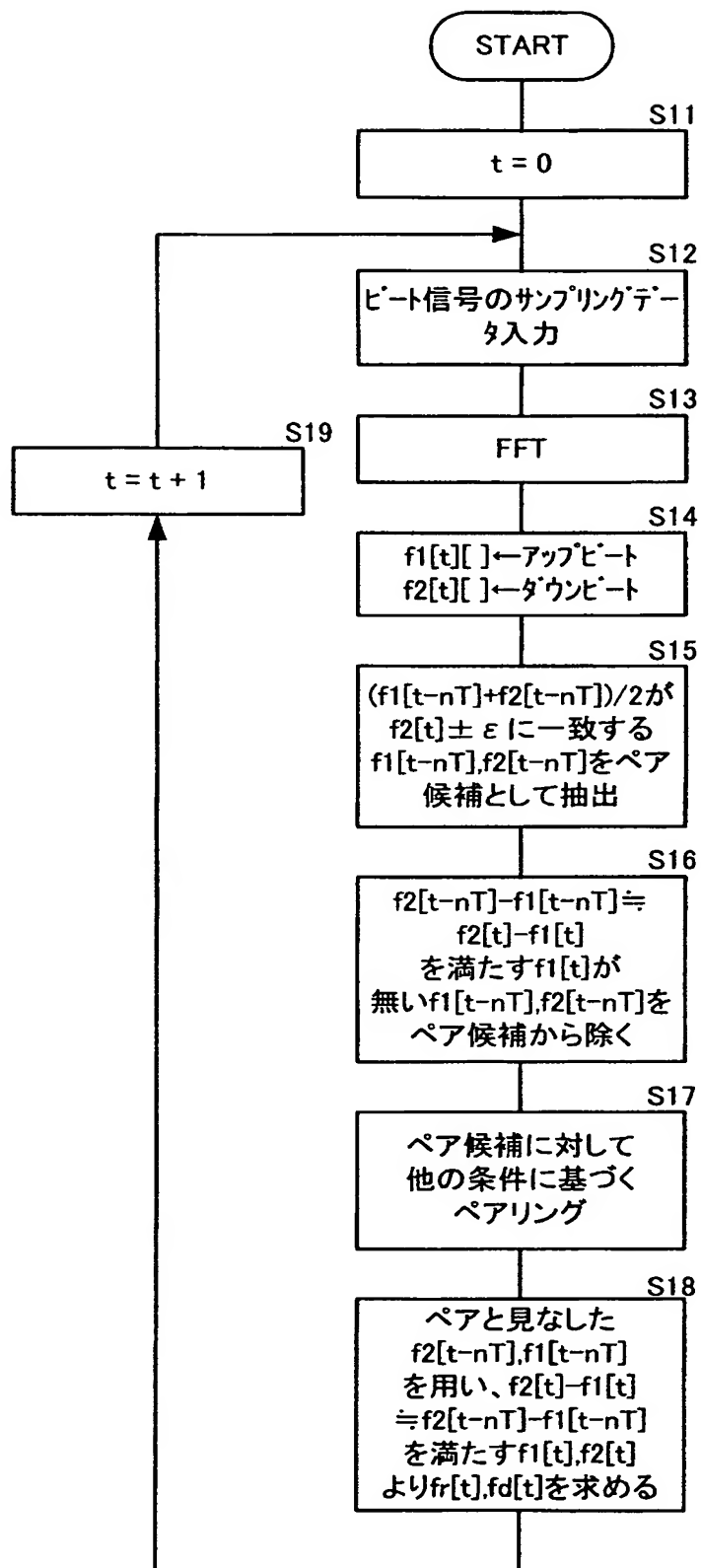
[図5]



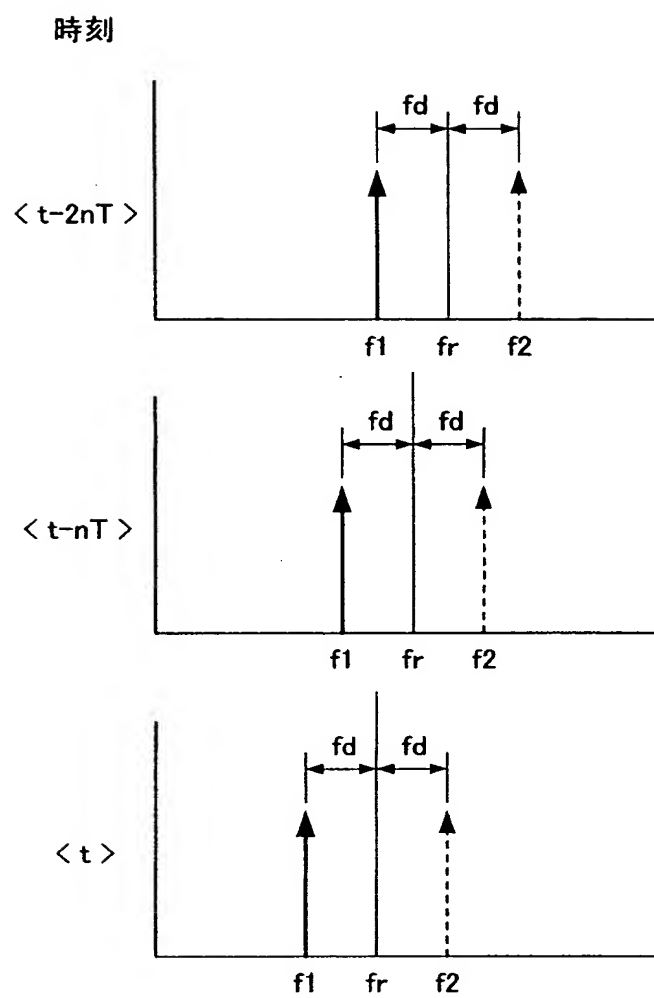
[図6]



[図7]



[図8]



[図9]

